

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. April 2004 (01.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/027997 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H03L 7/093**

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE2003/002695**

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LI PUMA, Giuseppe**  
[IT/DE]; Zechenstr. 27, 44791 Bochum (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. August 2003 (11.08.2003)

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENTAN-  
WALTSGESELLSCHAFT MBH**; P.O. Box 200734,  
80007 Munich (DE).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(81) Bestimmungsstaaten (national): **CN, US.**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(30) Angaben zur Priorität:  
102 42 364.4 12. September 2002 (12.09.2002) **DE**

Veröffentlicht:

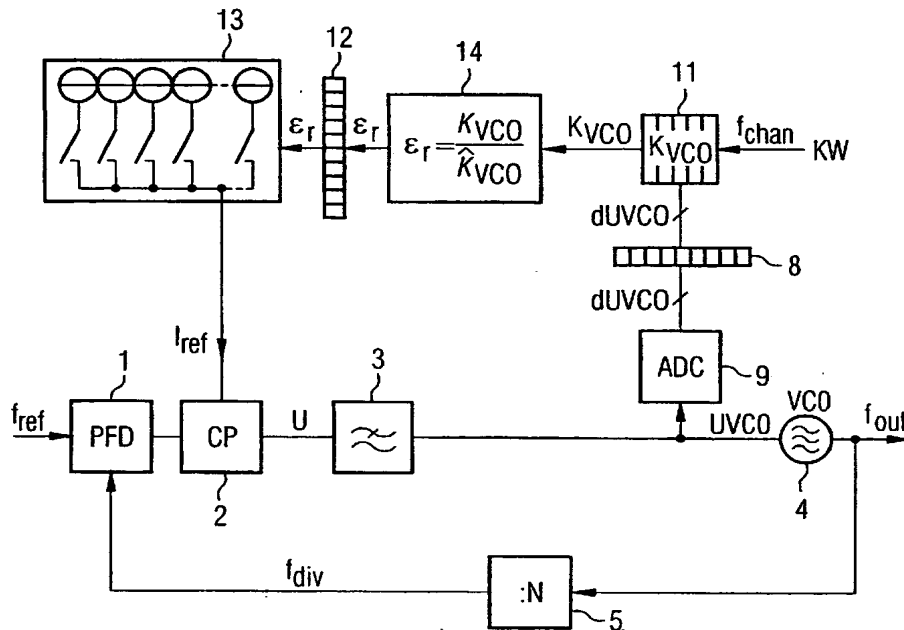
— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **PHASE-LOCKED LOOP**

(54) Bezeichnung: **PHASENREGELKREIS**



(57) Abstract: The invention relates to a phase-locked loop comprising a regulatable charging pump (2) for producing a control voltage (UVCO). A voltage-controlled oscillator (4) and an evaluation unit (14) are arranged downstream of said pump. Said evaluation unit (14) is embodied in such a way that a correction signal ( $I_{ref}$ ) can be generated by means of the control voltage (UVCO) and a nominal slope ( $K_{vco}$ ) of the voltage-controlled oscillator (4), and can be applied to the evaluation output which is, in turn, connected to an input of the charging pump (2).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Der erfindungsgemäße Phasenregelkreis weist eine einstellbare Ladungspumpe (2) zur Erzeugung einer Steuerspannung (UVCO) auf. Dieser ist ein spannungsgesteuerter Oszillator (4) und eine Auswerteeinheit (14) nachgeschaltet. Die Auswerteeinheit (14) ist dabei derart ausgebildet, dass damit anhand der Steuerspannung (UVCO) und einer Sollsteilheit ( $K_{vco}$ ) des spannungsgesteuerten Oszillators (4) ein Korrektursignal ( $I_{ref}$ ) erzeugbar und am Auswerteausgang anlegbar ist. Dieser wiederum ist mit einem Eingang der Ladungspumpe (2) verbunden.

## Beschreibung

## Phasenregelkreis

- 5 Die Erfindung betrifft einen Phasenregelkreis für die Frequenzmodulation eines Senders, wie er beispielsweise in einem Mobilfunksystem Verwendung finden kann.

10 Eine aufwandsarme Realisierung eines Senderkonzeptes für, moderne Mobilfunksysteme zur Frequenzmodulation bietet eine  $\Sigma\Delta$ -Fractional-N-Phasenregelschleife, die im Folgenden auch als  $\Sigma\Delta$ -Fractional-N-PLL oder auch nur als PLL bezeichnet wird.

- 15 Die PLL 10, wie sie in Figur 1 gezeigt ist, besteht aus einem Phasen-Frequenzdetektor 1, einer Charge-Pump 2, die auch als Ladungspumpe bezeichnet wird, einem Loop-Filter 3, das auch als Schleifenfilter bezeichnet wird, einem spannungsgesteuerten Oszillator 4, kurz VCO, und einem  
20 Frequenzteiler 5. An einem Eingang der PLL 10 liegt eine Referenzfrequenz  $f_{ref}$  an deren Phase mittels dem Phasen-Frequenzdetektor 1 mit einer Phase einer Frequenz  $f_{div}$  verglichen wird, welche sich aus einer durch einen Teilerwert  $N$  geteilten Ausgangsfrequenz  $f_{vco}$  ergibt. Gegebenenfalls wird  
25 vom Phasen-Frequenzdetektor 1 ein Stellsignal erzeugt und der Ladungspumpe 2 zugeführt, welche davon abhängig eine Spannung  $U$  erzeugt, die mittels dem Filter 3 gefiltert als Tuningspannung UVCO am Eingang des spannungsgesteuerten Oszillators 4 anliegt. Dieser wiederum erzeugt die von der  
30 Tuningspannung UVCO abhängige Ausgangsfrequenz  $f_{vco}$ .

- Die gewünschte Frequenzmodulation erfolgt digital über Variation des Frequenzteilerwertes  $N$  unter Zuhilfenahme eines  $\Sigma\Delta$ -Modulators 6. Mittels eines Summieres 7 werden digitale  
35 Sendedaten  $D$  mit einem Kanalwort  $KW$  verknüpft und dem  $\Sigma\Delta$ -Modulator 6 zugeführt, der dann daraus den Teilerwert  $N$

2

bestimmt und dem Frequenzteiler 5 zur Verfügung stellt. Das Kanalwort KW gibt dabei den Kanal vor.

Bei Verwendung eines nicht integrierenden Schleifenfilters 3 ist die Übertragungsbandbreite der Phasenregelschleife 10 direkt proportional zur VCO-Steilheit  $K_{vco}$ . Die Übertragungsfunktion  $H(j\omega)$  der geschlossenen Regelschleife 10 bestimmt sich zu:

$$H(j\omega) = \frac{\phi_{vco}}{\phi_{ref}} = \frac{N}{1 + j\omega / \omega_0} \quad (1)$$

wobei

$\phi_{vco}$  die Phase am PLL-Ausgang,

$\phi_{ref}$  die Phase am PLL-Eingang,

$\omega$  die Kreisfrequenz und

$N$  der Teilerwert ist.

Die Eckfrequenz  $f_0$  der -3dB Bandbreite der PLL 10 berechnet sich aus:

$$f_0 = \frac{K_p \cdot R \cdot K_{vco}}{N} \quad (2)$$

wobei

$K_p$  die Phasendetektorsteilheit,

$R$  der Schleifenwiderstand gegen Masse und

$K_{vco}$  die VCO-Steilheit ist.

Die Phasendetektorsteilheit  $K_p$  ist proportional zum Chargepump-Strom  $I_{cp}$ .

Bisher ist aus dem Stand der Technik keine PLL bekannt, mit der die Gleichspannungsleerlaufverstärkung bzw. Grenzfrequenz über alle Kanäle und über alle Toleranzen fest einstellbar ist.

Eine Aufgabe der Erfindung ist es, einen Phasenregelkreis anzugeben, bei dem eine konstante DC-Leerlaufverstärkung bzw. Grenzfrequenz über alle Kanäle und über alle Toleranzen fest  
5 einstellbar ist.

Vorteilhafter Weise bietet die Erfindung die Möglichkeit, die VCO-Steilheit abgleichen zu können.

10 Die Aufgabe wird durch einen Phasenregelkreis mit den in Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Der erfindungsgemäße Phasenregelkreis weist eine einstellbare Ladungspumpe zur Erzeugung einer Steuerspannung auf. Dieser  
15 ist ein spannungsgesteuerter Oszillator und eine Auswerteeinheit nachgeschaltet. Die Auswerteeinheit ist dabei derart ausgebildet, dass damit anhand der Steuerspannung und einer Sollsteilheit des spannungsgesteuerten Oszillators ein Korrektursignal erzeugbar und am Auswerteausgang anlegbar  
20 ist. Dieser wiederum ist mit einem Eingang der Ladungspumpe verbunden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich den in den abhängigen Patentansprüchen angegebenen Merkmalen.

25 Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Auswerteeinheit derart ausgebildet, daß damit der Fehler der Steilheit des spannungsgesteuerten Oszillators berechenbar ist.

30 Bei einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Phasenregelkreises ist der Auswerteeinheit ein Analog-Digital-Wandler zum Wandeln der Steuerspannung in ein digitales Wort vorgeschaltet.

35

In einer weiteren Ausführungsformen der Erfindung ist zwischen die Auswerteeinheit und den Analog-Digital-Wandler ein Register zum Speichern des digitalen Worts geschaltet.

- 5 Zwischen die Auswerteeinheit und das Register kann ein Tabellenspeicher geschaltet sein, um aus dem digitalen Wort und einem Kanalwort den Istwert der Steilheit des spannungsgesteuerten Oszillators zu ermitteln.
- 10 Weiterhin kann die Auswerteeinheit eine Recheneinheit aufweisen, um aus dem Istwert der Steilheit des spannungsgesteuerten Oszillators, dem Kanalwort und der Sollsteilheit des spannungsgesteuerten Oszillators einen Steilheitsfehler zu errechnen.
- 15 Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Phasenregelkreises sind der Auswerteeinheit mehrere Register nachgeschaltet, um für mehrere Kanalgruppen jeweils einen Steilheitsfehler zu speichern.
- 20 Vorteilhafter Weise ist der Auswerteeinheit eine steuerbare Stromquelle nachgeschaltet, um aus dem Steilheitsfehler das Korrektursignal zu erzeugen.
- 25 Zudem kann bei dem erfindungsgemäßen Phasenregelkreis ein Schleifenfilter vorgesehen sein, welches zwischen die Ladungspumpe und den spannungsgesteuerten Oszillator geschaltet ist.
- 30 Des weiteren kann bei der Erfindung im Rückkopplungsweig ein Teiler vorgesehen sein.
- Schließlich kann in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung der Teiler einen einstellbaren
- 35 Teilerwert aufweisen, welcher mit einem  $\Sigma\Delta$ -Modulator einstellbaren ist.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von vier Figuren an mehreren Ausführungsbeispielen weiter erläutert.

5 Es zeigen:

Figur 1 einen Phasenregelkreis wie er aus dem Stand der Technik bekannt ist,

10 Figur 2 in Form eines Blockschaltbilds den prinzipiellen Aufbau einer ersten Ausführungsform des Phasenregelkreises gemäß der Erfindung,

15 Figur 3 ein Frequenzdiagramm mit dem Verlauf der Steilheit eines spannungsgesteuerten Oszillators in Abhängigkeit von der Frequenz und

20 Figur 4 in Form eines Blockschaltbilds den prinzipiellen Aufbau einer zweiten Ausführungsform des Phasenregelkreises gemäß der Erfindung.

Wie aus der Formel (2) für die Eckfrequenz bzw. die Bandbreite zu ersehen ist, ist die Grenzfrequenz proportional zu:

25

$$I_{cp} \cdot R \cdot K_{vco} / N$$

(3)

und auch proportional zur Ringverstärkung RV. Das Produkt  $I_{cp} \cdot R$  legt den Aussteuerbereich des VCOs 4 fest und lässt sich auf Grund der Begrenzung durch die Versorgungsspannung nicht beliebig variieren. Eine Möglichkeit die PLL-Bandbreite bzw. die DC-Ringverstärkung RV einzustellen, liegt in der genauen Einstellung der VCO-Steilheit  $K_{vco}$ . Da jedoch die VCO-Steilheit  $K_{vco}$  aufgrund von Prozessschwankungen variiert, 35 muss ein Abgleichverfahren sicherstellen, dass die Grenzfrequenz  $f_0$  konstant bleibt. Das Produkt  $I_{cp} \cdot R$  ist nahezu unabhängig gegenüber Technologieschwankungen und damit

konstant, sofern der Strom  $I_{cp}$  vom gleichen Widerstandstyp abgeleitet wird.

In Figur 2 ist der prinzipielle Aufbau einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Phasenregelkreises gezeigt. Am ersten Eingang des Phasen-Frequenzdetektors 1 liegt die Referenzfrequenz  $f_{ref}$  an. Am zweiten Eingang des Phasen-Frequenzdetektors 1 liegt die durch den Teilerwert  $N$  geteilte Ausgangsfrequenz  $f_{out}$  an, welche mit  $f_{div}$  bezeichnet ist. Falls die Phase der durch den Teilerwert  $N$  geteilten Frequenz  $f_{div}$  von der Phase der Referenzfrequenz  $f_{ref}$  abweicht, erzeugt der Phasen-Frequenzdetektor 1 ein Steuersignal, um mittels der Ladungspumpe 2 eine korrigierte Ausgangsspannung  $U$  zu erzeugen. Die Ausgangsspannung  $U$  wird mit dem Tiefpassfilter 3 gefiltert und als Tuningspannung  $UVCO$  sowohl auf den Eingang des spannungsgesteuerten Oszillators 4 als auch auf den Eingang eines Analog-Digital-Wandlers 9 geführt. Der spannungsgesteuerte Oszillator 4 erzeugt daraufhin eine an die Tuningspannung  $UVCO$  angepasste Ausgangsfrequenz  $f_{out}$ . Die Tuningspannung  $UVCO$  wird mittels dem Analog-Digital-Wandler 9 in ein digitales Wort  $dUVCO$  gewandelt. Der Analog-Digital-Wandler 9 ist ausgangsseitig mit einem Register 8, welches das digitale Wort  $dUVCO$  zwischenspeichert, verbunden. Dem Register 8 ist wiederum ein Tabellenspeicher 11 nachgeschaltet. Anhand des digitalen Worts  $dUVCO$  und eines ebenfalls auf den Tabellenspeicher 11 geführten Kanalworts  $KW$  wird aus der im Tabellenspeicher 11 gespeicherten Tabelle die tatsächliche Steilheit  $K_{vco}$  des VCO 4 ermittelt. Die Steilheit  $K_{vco}$  des VCO 4 wird einer Auswerteeinheit 14 zugeführt, die daraus zusammen mit einer Sollsteilheit  $\hat{K}_{vco}$  einen Steilheitsfehler  $\epsilon_r$  berechnet und diesen in einem weiteren ein Register 12 speichert. Mittels einer programmierbaren Stromquelle 13 wird der Steilheitsfehler  $\epsilon_r$  in einen Referenzstrom  $I_{ref}$  umgewandelt. Die Ladungspumpe 2, welche eingangsseitig zum einen mit dem Phasen-Frequenzdetektor 1 und zum anderen mit dem Ausgang der programmierbaren Stromquelle 13 verbunden ist, ermittelt nun



aus dem vom Phasen-Frequenz-Detektor 1 stammenden Stellsignal und dem Referenzstrom  $I_{ref}$  eine entsprechende Ausgangsspannung  $U$ .

- 5 Die Ermittlung des Teilerwerts  $N$  kann, ohne dass dies explizit in Figur 2 gezeigt ist, ebenso wie bei der Ausführungsform der PLL 10 in Figur 1, mit Hilfe des  $\Sigma\Delta$ -Modulators 6, dem Summierer 7, dem Kanalwort  $KW$  und dem digitalen Datensignal  $D$  erfolgen.

10

- In Figur 3 ist ein Frequenzdiagramm dargestellt, bei dem auf der x-Achse die Kanalfrequenz  $f_{chan}$  und auf der y-Achse die Tuningspannung  $UVCO$  aufgetragen ist. Mit dem Bezugszeichen 15 ist die ideale Tuningkennlinie und mit dem Bezugszeichen 16 die gemessene Tuningkennlinie bezeichnet. Die Steigung der idealen Tuningkennlinie 15 entspricht dem Sollwert der Steilheit  $\hat{K}_{vco}$  des VCO 4 und errechnet sich aus:

$$\hat{K}_{vco} = \frac{\Delta \hat{y}}{\Delta \hat{x}} \quad (4)$$

20

Die Steigung der gemessenen Tuningkennlinie 16 entspricht dem Istwert der Steilheit  $K_{vco}$  des VCO 4 und errechnet sich aus:

$$K_{vco} = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (5)$$

25

Es ist zu erkennen, daß der Istwert der Steilheit  $K_{vco}$  zunehmender Frequenz abnimmt. Aus der Abweichung des Istwerts  $K_{vco}$  der Steilheit vom Sollwert der Steilheit  $\hat{K}_{vco}$  ergibt sich der relative Steilheitsfehler  $\epsilon_r$  zu:

30

$$\epsilon_r = \frac{K_{vco}}{\hat{K}_{vco}} \quad (6)$$

- In Figur 4 ist eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Phasenregelkreises in Form eines Blockschaltbilds dargestellt. Dabei wird das Tiefpassfilter 3

durch die Verknüpfung von Widerständen 17 und Kondensatoren 18 gebildet.

Die Auswerteeinheit 14, wie sie in Figur 2 gezeigt ist, ist  
 5 durch eine modifizierte Auswerteeinheit 14' ersetzt. Anhand der Parameter  $\Delta S$ , welche für jede Kanalfrequenz  $f_{chan}$  bzw. Kanalwort KW anhand der Formel:

$$\Delta S = S_{nom} \cdot \left( \frac{\hat{K}_{VCO}}{K_{VCO}} \cdot \frac{N}{N_{nom}} - 1 \right) \quad (7)$$

10

berechnet und in den Registerbänken 12 zwischengespeichert werden, wird die programmierbare Stromquelle 13 gesteuert.

15

Der Referenzstrom  $I_{ref}$  kann, wie in dem in Figur 4 links dargestellten Diagramm gezeigt ist, 511 verschiedene Werte annehmen, falls die Referenzstromquelle 13 mit einer Auflösung von 9 Bit arbeitet. Bei einem Wert  $S_{nom} = 255$  ist der Referenzstrom  $I_{ref} = I_{nom}$ . Die Änderung des Referenzstroms  $\Delta I$  ergibt sich aus:

20

$$\Delta I = I_{lsb} * \Delta S \quad (8)$$

25

wobei  $I_{lsb}$  die minimal mögliche Änderung des Referenzstroms  $I_{ref}$  ist.  $I_{lsb}$  ergibt sich aus der Auflösungsgenauigkeit der programmierbaren Stromquelle 13.

30

35

Im Folgenden wird die Funktionsweise der Erfindung noch näher beschrieben. In einem ersten Vorgang erfolgt das Einschwingen der PLL auf einen bestimmten Kanal, der durch das Kanalwort KW vorgegeben wird. Nach der sogenannten Settling-Time der PLL wandelt der Analog-Digital-Umsetzer 9 die Abstimmspannung  $UVCO$  des VCOs 4 in ein digitales Wort  $dUVCO$  um, das im Register 8 gespeichert wird. Dieser Vorgang wird anschließend für mehrere Frequenzkanäle durchgeführt, so dass aus dem Kanalwort KW, das der eingestellten Kanalfrequenz  $f_{chan}$  entspricht, und den amplitudendiskretisierten Werten  $dUVCO$

der Tuningspannung UVCO die Abstimmsteilheit  $K_{vco}$  des VCOs 4 berechnet werden kann. Da der Sollwert der VCO-Steilheit  $\hat{K}_{vco}$  a priori bekannt ist, siehe Figur 3, kann der relative Fehler  $\epsilon_r$ , wie bereits oben in Gleichung (6) angegeben, 5 berechnet werden zu:

$$\epsilon_r = \frac{K_{vco}}{\hat{K}_{vco}} \quad (6)$$

Zur Kompensation des Fehlers  $\epsilon_r$  wird der digital einstellbare 10 Referenzstrom  $I_{ref}$  der Ladungspumpe 2 entsprechend des resultierenden Fehlers  $\epsilon_r$  verändert. Hierbei muss entsprechend des eingestellten Kanals die Änderung des Teilerwertes  $N$  mit berücksichtigt und kompensiert werden. Dies kann jedoch mit Hilfe des Kanalwortes  $KW$ , das die 15 Information des Teilerwertes  $N$  enthält, erfolgen. Damit dieser Abgleichvorgang bei Anwendung in einem time division multiple access (TDMA) System, wie z.B. Digital European Cordless Telephone (DECT), WDCT oder Bluetooth nicht vor jedem Slot oder Zeitschlitz geschehen muss, kann dieser 20 Vorgang einmalig nach dem Einschalten des Gerätes, beispielsweise innerhalb der Reset-Task, erfolgen. Der Vorgang kann nacheinander für bestimmte Kanalgruppen erfolgen. Die Ansteuerbits für den digital einstellbaren Referenzstrom  $I_{ref}$  werden für die verschiedenen Kanäle bzw. 25 Kanalgruppen im Register 12 abgelegt, so dass im normalen Betrieb nach erfolgter Programmierung des Kanalwortes  $KW$  die entsprechenden Referenzstromwerte  $I_{ref}$  aus den Registern 12 gelesen werden können.

30 Die erfindungsgemäße Lösung bietet eine einfache Realisierung für den Abgleich der PLL-Ringverstärkung  $RV$ :

$$RV \approx \frac{I_{cp} \cdot R \cdot K_{vco}}{N} \quad (9)$$

35 Aufgrund der nichtlinearen VCO-Kennlinie sowie der Variation des Teilerfaktors  $N$  über die Kanäle variiert die

Ringverstärkung RV und damit die Grenzfrequenz der Phasenregelschleife. Aufgrund der Art und Weise wie die VCO-Abstimmkennlinie bzw. Steilheit  $K_{vco}$  bestimmt, digitalisiert und anschließend durch Änderung des Chargepump-

5 Referenzstromes  $I_{ref}$  kompensiert wird, gelingt es, eine nahezu konstante PLL-Ringverstärkung RV bzw. Grenzfrequenz einzustellen.

Bei dem Ausführungsbeispiel in Figur 4 besitzt der VCO 4 eine  
10 typische Abstimmsteilheit von 60 MHz. Der digital programmierbare Referenzstrom ist über 9 Bit einstellbar, so dass sich bei nominellen Strom  $I_{nom}$ , was dem Dezimalwert 255 entspricht, eine Auflösung von 0,4 % ergibt. Der Wert der Tuningspannung UVCO wird mit dem Analog-Digital-Wandler 9 mit  
15 6 Bit digitalisiert, was einer maximalen Auflösung von 1,5 % entspricht. Die Auswerteeinheit 14' erhält die Sollwerte für den Teilerfaktor  $N_{nom}$  und der VCO-Steilheit  $\hat{K}_{vco}$  als Eingangsparameter sowie das Kanalwort KW zur Ermittlung des aktuellen Teilerwertes N.

20

25

30

35

## Bezugszeichenliste

	1	Phasen-Frequenzdetektor
5	2	Ladungspumpe
	3	Schleifenfilter
	4	VCO
	5	Frequenzteiler
	6	$\Sigma\Delta$ -Modulator
10	7	Summierer
	8	Register
	9	Analog-Digital-Wandler
	10	PLL
	11	Tabellenspeicher
15	12	Registerbank
	13	Stromquelle
	14	Auswerteeinheit
	14'	modifizierte Auswerteeinheit
	15	ideale Tuningspannung
20	16	gemessene Tuningspannung
	17	Widerstand
	18	Kondensator
	N	Teilerwert
	U	Ausgangsspannung der Ladungspumpe
25	KW	Kanalwort
	D	digitale Signaldaten
	UCVO	Tuningspannung
	dUCVO	digitalisierte Tuningspannung
	f <sub>out</sub>	Ausgangsfrequenz
30	f <sub>ref</sub>	Referenzfrequenz
	I <sub>ref</sub>	Referenzstrom
	f <sub>chan</sub>	Kanalfrequenz

## Patentansprüche

1. Phasenregelkreis,  
mit einer einstellbaren Ladungspumpe (2) zur Erzeugung  
5 einer Steuerspannung (UVCO), der ein spannungsgesteuerter  
Oszillator (4) und eine Auswerteeinheit (14; 14')  
nachgeschaltet sind, wobei die einen Auswerteausgang  
aufweisende Auswerteeinheit (14; 14') derart ausgebildet  
ist, dass damit anhand der Steuerspannung (UVCO) und  
10 einer Sollsteilheit ( $\hat{K}_{vco}$ ) des spannungsgesteuerten  
Oszillators (4) ein Korrektursignal ( $I_{ref}$ ) erzeugbar und  
am Auswerteausgang anlegbar ist, und wobei der  
Auswerteausgang mit einem Ladungspumpeneingang der  
Ladungspumpe (2) verbunden ist.  
15
2. Phasenregelkreis nach Patentanspruch 1,  
bei dem die Auswerteeinheit (14; 14') derart ausgebildet  
ist, dass damit ein Steilheitsfehler ( $\epsilon_r$ ;  $\Delta S$ ) des  
spannungsgesteuerten Oszillators (4) berechenbar ist.  
20
3. Phasenregelkreis nach Patentanspruch 2,  
bei dem der Auswerteeinheit ein Analog-Digital-Wandler  
(9) zum Wandeln der Steuerspannung (UVCO) in ein  
digitales Wort (dUVCO) vorgeschaltet ist.  
25
4. Phasenregelkreis nach Patentanspruch 3,  
bei dem zwischen die Auswerteeinheit (14; 14') und den  
Analog-Digital-Wandler (9) ein Register (8) zum Speichern  
des digitalen Wortes (dUVCO) geschaltet ist.  
30
5. Phasenregelkreis nach Patentanspruch 4,  
bei dem die zwischen die Auswerteeinheit (14; 14') und  
das Register (8) ein Tabellenspeicher (11) geschaltet  
ist, um aus dem digitalen Wort (dUVCO) und einem  
35 Kanalwort (KW) einen Istwert der Steilheit ( $K_{vco}$ ) des  
spannungsgesteuerten Oszillators (4) zu ermitteln.

6. Phasenregelkreis nach Patentanspruch 5,  
bei dem die Auswerteeinheit (14; 14') eine Recheneinheit  
aufweist, um aus dem Istwert der Steilheit ( $K_{vco}$ ) des  
spannungsgesteuerten Oszillators (4), dem Kanalwort (KW)  
5 und der Sollsteilheit ( $\hat{K}_{vco}$ ) des spannungsgesteuerten  
Oszillators (4) den Steilheitsfehler ( $\varepsilon_r$ ;  $\Delta S$ ) zu  
errechnen.
7. Phasenregelkreis nach einem der Patentansprüche 1 bis 6,  
10 bei dem der Auswerteeinheit (14') mehrere Register (12)  
nachgeschaltet sind, um für für mehrere Kanalgruppen  
jeweils einen Steilheitsfehler ( $\Delta S_f$ ) zu speichern.
8. Phasenregelkreis nach einem der Patentansprüche 1 bis 7,  
15 bei dem der Auswerteeinheit (14; 14') eine steuerbare  
Stromquelle (13) nachgeschaltet ist, um aus dem  
Steilheitsfehler ( $\Delta S_f$ ) das Korrektursignal ( $I_{ref}$ ) zu  
erzeugen.
9. Phasenregelkreis nach einem der Patentansprüche 1 bis 8,  
20 mit einem Schleifenfilter (3), welches zwischen die  
Ladungspumpe (2) und den spannungsgesteuerten Oszillator  
(4) geschaltet ist.
10. Phasenregelkreis nach einem der Patentansprüche 1 bis 9,  
25 mit einem Rückkopplungszweig, in welchem ein Teiler (5)  
vorgesehen ist.
11. Phasenregelkreis nach Patentanspruch 10,  
30 bei dem der Teiler (5) einen einstellbaren Teilerwert (N)  
aufweist,  
mit einem  $\Sigma\Delta$ -Modulator (6), mit dem der Teilerwert (N)  
einstellbar ist.

FIG 1

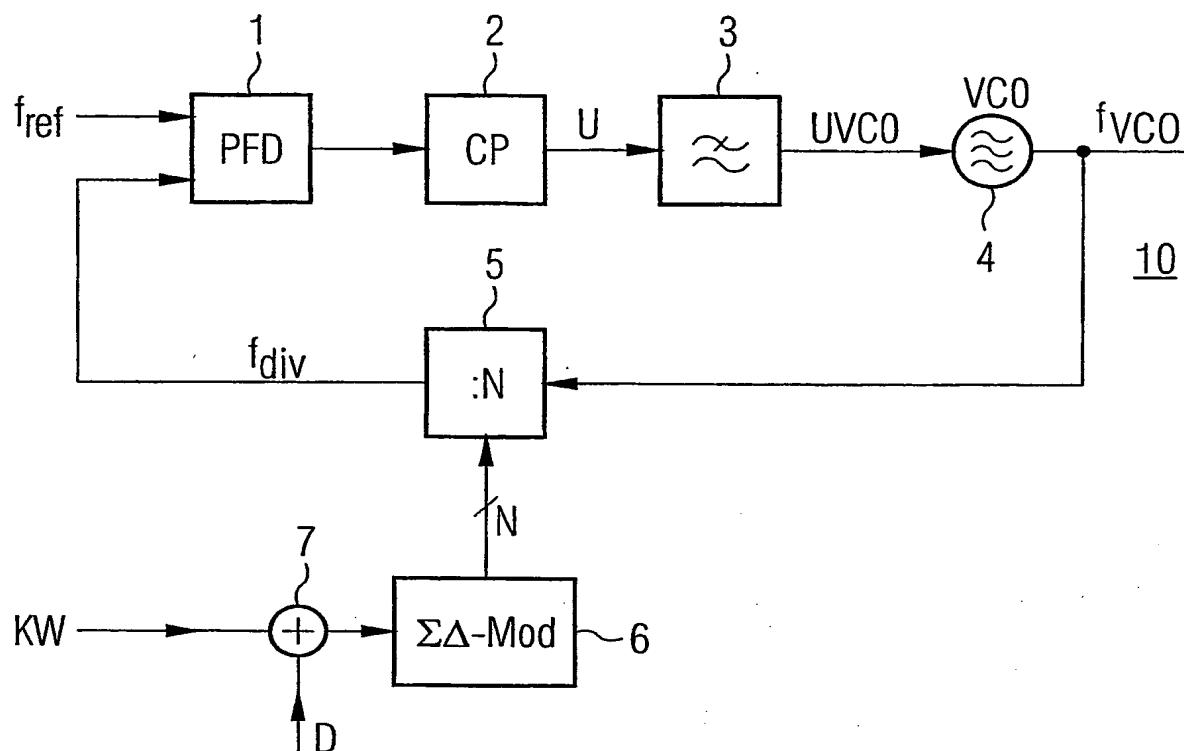


FIG 3

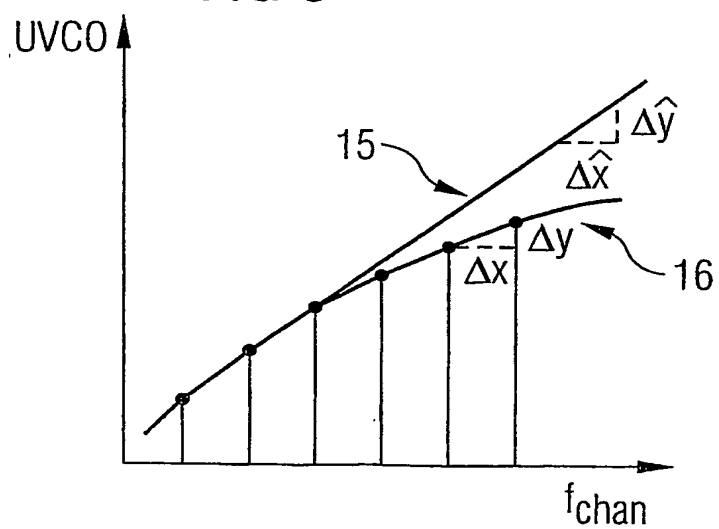
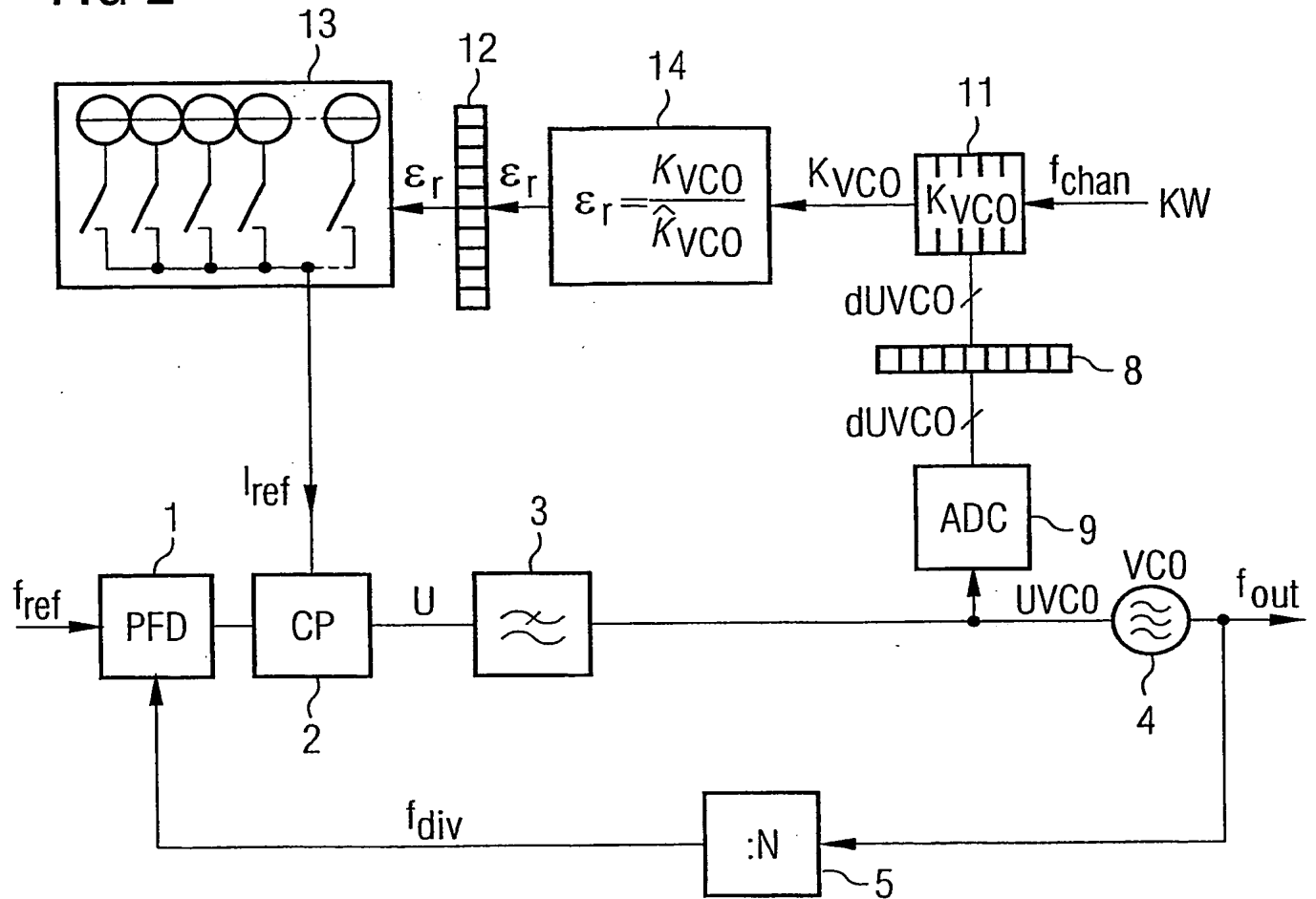
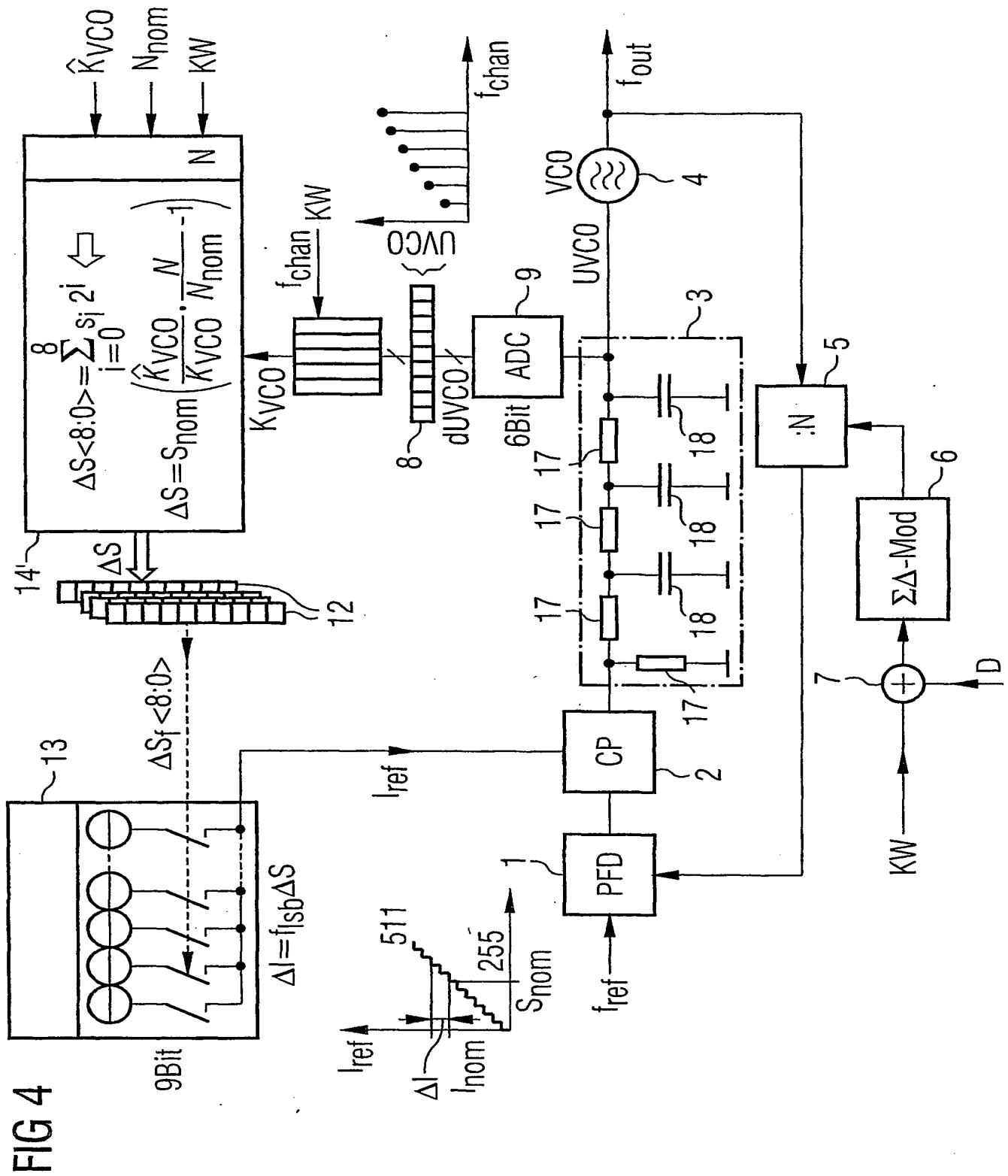




FIG 2





A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H03L7/093

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H03L H03C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/039050 A1 (GOOD PETE ET AL) 4 April 2002 (2002-04-04) paragraph '0020! - paragraph '0035!; figures 2-4	1-4,7-11
A	US 6 163 184 A (LARSSON PATRIK) 19 December 2000 (2000-12-19) column 4, line 29 -column 6, line 41 column 7, line 40 -column 9, line 48 figures 3-3B,5	5,6
P,X	EP 1 244 215 A (BROADCOM CORP) 25 September 2002 (2002-09-25) paragraph '0032! - paragraph '0067!; figures 4-12	1,9,10
	-/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 January 2004

Date of mailing of the international search report

29/01/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Balbinot, H

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	<p>DE 101 32 799 A (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 2 October 2002 (2002-10-02) paragraph '0039! - paragraph '0059!; figures</p> <p>-----</p>	1, 9, 10

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2002039050	A1	04-04-2002	TW	518829 B	21-01-2003
US 6163184	A	19-12-2000	NONE		
EP 1244215	A	25-09-2002	US	2002135428 A1	26-09-2002
			EP	1244215 A1	25-09-2002
			US	2003206065 A1	06-11-2003
DE 10132799	A	02-10-2002	DE	10132799 A1	02-10-2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H03L7/093

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H03L H03C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/039050 A1 (GOOD PETE ET AL) 4. April 2002 (2002-04-04) Absatz '0020! - Absatz '0035!; Abbildungen 2-4	1-4, 7-11
A	US 6 163 184 A (LARSSON PATRIK) 19. Dezember 2000 (2000-12-19) Spalte 4, Zeile 29 - Spalte 6, Zeile 41 Spalte 7, Zeile 40 - Spalte 9, Zeile 48 Abbildungen 3-3B, 5	5, 6
P, X	EP 1 244 215 A (BROADCOM CORP) 25. September 2002 (2002-09-25) Absatz '0032! - Absatz '0067!; Abbildungen 4-12	1, 9, 10
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

22. Januar 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/01/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Balbinot, H

## \*C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	DE 101 32 799 A (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 2. Oktober 2002 (2002-10-02) Absatz '0039! – Absatz '0059!; Abbildungen -----	1,9,10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2002039050	A1	04-04-2002	TW	518829 B	21-01-2003
US 6163184	A	19-12-2000	KEINE		
EP 1244215	A	25-09-2002	US	2002135428 A1	26-09-2002
			EP	1244215 A1	25-09-2002
			US	2003206065 A1	06-11-2003
DE 10132799	A	02-10-2002	DE	10132799 A1	02-10-2002